

# Projectes amb Arduino: Creació d'una documentació d'Arduino per l'assignatura de Robòtica, Llenguatge i Planificació

Daniel Garcia-Blàzquez

**Resum**— El projecte es basa en la creació d'una extensa documentació d'Arduino per a l'assignatura de Robòtica i altres projectes de l'escola relacionats amb la robòtica. Aquesta documentació permetrà que els alumnes tinguin accés a una gran quantitat d'informació sobre diferents tipus de mòduls amb els que es pot treballar amb una placa Arduino, classificats segons la seva funcionalitat, juntament amb uns exemples per fer més senzill la introducció i l'aprenentatge al món d'Arduino. Juntament amb tot això també inclou la creació d'un robot d'aparcament intel·ligent, que és controlat via Bluetooth per activar l'aparcament intel·ligent o per ser control·lat com si és tractés d'un cotxe ràdiocontrol.

**Paraules clau**— Arduino, Smart Park, Bluetooth, C, Robot, Sensor, Motor, Documentació

**Abstract**— The project is focused in creating an Arduino extense documentation for the Robotics subject and other university projects related to robotics. This documentation will allow students to have access to a large amount of information about different types of modules classified according their functionality, along with some examples to make the introduction and learning about this technology much easier. Additionally, it also includes the creation of a smart parking robot controlled via Bluetooth to activate smart parking functionality or to be controlled as a radio control car.

**Index Terms**— Arduino, Smart Car, Bluetooth, C, Robot, Sensor, Motor, Documentation



## 1 INTRODUCCIÓ

Avui en dia la robòtica, l'automatització i la innovació estan a l'ordre del dia. Cada cop apareixen projectes d'equips petits amb grans idees dutes a terme sense inversions milionàries darrera. Aquestes idees venen acompanyades de l'ús de plaques Arduino o Raspberry Pi que permeten a aquests equips dur a terme projectes amb un alt grau d'innovació. Aquestes plaques han promocionat l'acostament de tecnologies abans impossibles per l'accés del públic. Fent que tant professionals del sector com usuaris amateurs creïn els seus propis robots, noves llibreries, sensors, etc.

Passant a aquest projecte en concret, es pretén crear una extensa documentació per tal de que els nous usuaris, entre ells els de l'assignatura de Robòtica, Llenguatge i Planificació, puguin introduir-se d'una forma més amigable y senzilla al món de la robòtica de la ma d'Arduino i els mòduls que se li poden connectar.

Aquesta documentació té la seva raó de ser degut a la falta d'una web o llibre que englobi tota la informació necessària sense que un usuari nouvingut es vegi obligat a navegar per la web trobant informació contradictòria o poc didàctica. Al fer aquesta guia l'usuari no se sentirà sobrepassat per la informació que hi ha a Internet i podrà fer els seus

primers passos amb aquesta tecnologia i així més tard poder fer projectes més complexos gràcies a tots els coneixements adquirits gràcies a la documentació.

En aquest article podrem trobar els aspectes més importants treballats durant el projecte. S'estructura en diferents parts. S'inicia amb els objectius del projecte i en quina situació es troba actualment la tecnologia sobre la que s'ha treballat. A continuació es troben com ha estat planificat tot el treball durant els 5 mesos de duració aproximada que té el projecte i també quina metodologia s'ha utilitzat per dur a terme el treball. Un cop acabades aquestes fases es passa al nucli del treball que és el desenvolupament i els resultats obtinguts. Per acabar, hi ha unes línies de futur i unes conclusions on es comenta com ha anat el projecte i s'analitza si s'han complert els objectius, els agraïments i la bibliografia.

## 2 OBJECTIUS

Els objectius del treball es divideixen en dos parts primerament hi ha uns objectius pel treball sencer i hi ha uns altres dins del propi treball pel projecte d'un Smart Park Robot. Els objectius a complir al dur a terme el treball són els següents:

1. Aprendre sobre Arduino, com funciona tant a nivell físic com a nivell lògic i de programació.

2. Aprendre a utilitzar totes les eines i programes necessaris per dur a terme aquest treball, Fritzing [2], Arduino [1], soldadors, per exemple.
3. Fer una documentació d'Arduino per a poder ser utilitzada com a material de suport per altres treballs que es vagin a fer a l'assignatura de Robòtica.
4. La documentació ha de ser clara i entenedora perquè els alumnes puguin buscar la informació que necessitin i puguin utilitzar-la com a eina de recolzament.
5. Testejar en el món real tot els projectes i materials documentats per veure com es comporten.
6. Tindre els coneixements necessaris per dur a terme un projecte més complex en un futur.
7. Els projectes serveixin com a guia perquè els alumnes siguin capaços de dur a terme un projecte pel seu compte.

A continuació es troben els objectius relacionats amb el Smart Park Robot:

1. Construir un robot amb quatre rodes que es pugui desplaçar.
2. Fer que el robot pugui identificar llocs d'aparcament.
3. Fer que el robot calculi si el tamany de l'aparcament és òptim perquè ell pugui aparcar.
4. Fer que el robot aparqui automàticament.
5. Fer que es puguin activar diferents formes d'aparcament.
6. Fer que es pugui controlar mitjançant un mòbil.

Aquests serien els 13 punts que en el apartat de conclusions s'analitzen per veure si s'han complert.

### 3 ESTAT DE L'ART

La robòtica en els últims anys ha patit "boom" espectacular degut a la demanda d'aparells més automatitzats i cada cop més autònoms per fer que tasques que abans podien ser tedioses o feixugues ara puguin ser fetes amb una interacció simple per part de l'usuari o fins i tot sense la interacció del mateix.

Aquest fet ha obert pas a empreses com Arduino (abans Genuino), desenvolupadora de les plaques Arduino o la Fundació Raspberry Pi, desenvolupadora de les plaques Raspberry, a crear un producte de fàcil accés per l'usuari amb pocs o cap coneixement en electrònica o programació. D'aquesta manera permetent crear a aquests usuaris, robots que d'una altra forma li serien molt cars i/o complicats de construir (fins i tot impossibles), a la vegada de donar la satisfacció d'haver adquirit coneixements i d'haver creat un aparell per si sol.

Actualment tant empreses com usuaris fan us d'aquesta tecnologia per dur a terme els seus projectes, fets que fan que el mercat sigui enorme degut el seu baix cost i l'enorme potencial que atresoren. Grans empreses les estan utilitzant en la seguretat, com a sensors. A més a més també

s'està ampliant a nous mercats com a la tecnologia aplicada a la medicina o fins i tot a la militar. Es calcula que al 2024 el mercat de plaques SBC (Single Board Computer) superi els 1.200 milions de dòlars. És un camp en ple apogeu, fet que permet que la inversió en aquest sigui molt fructífera i beneficiosa.

### 4 PLANIFICACIÓ

El treball s'ha planificat en dies tot indicant les tasques que s'havien de dur a terme en cada període i quina quantitat de dies es dedicarien a la mateixa.

Inicialment la planificació era diferent però degut a un seguit de canvis en l'enfocament del projecte i d'organització ha sigut canviada per tal de que doni una visió més encertada de com ha sigut realment.

A la taula següent es troba la planificació final:

Tasques			
<b>Fase Inicial</b>	<b>16 días</b>	<b>vie 15/09/17</b>	<b>dom 08/10/17</b>
Reunió inicial	1 día	vie 15/09/17	vie 15/09/17
Definició dels objec	1 día	sáb 16/09/17	sáb 16/09/17
Definició del projec	1 día	dom 17/09/17	dom 17/09/17
Instal·lació software necessari	1 día	lun 18/09/17	lun 18/09/17
Aprenentatge Ardu	3 días	mar 19/09/17	jue 21/09/17
Tests	2 días	vie 22/09/17	lun 25/09/17
Reunió pre-Informe inicial	1 día	lun 25/09/17	lun 25/09/17
Instructable 1	3 días	mar 26/09/17	jue 28/09/17
<b>Informe Inicial</b>	<b>8 días</b>	<b>jue 28/09/17</b>	<b>dom 08/10/17</b>
<b>Fase Documentació</b>	<b>25 días</b>	<b>lun 09/10/17</b>	<b>dom 12/11/17</b>
Reunió de coordina	1 día	lun 09/10/17	lun 09/10/17
Obtenir component	2 días	mar 10/10/17	mié 11/10/17
Investigar sobre els components	4 días	jue 12/10/17	mar 17/10/17
Muntatge	4 días	mié 18/10/17	dom 22/10/17
Programar funcionalitats	5 días	lun 23/10/17	vie 27/10/17
Fer les fitxes	6 días	vie 27/10/17	vie 03/11/17
<b>Informe de Progrés</b>	<b>7 días</b>	<b>sáb 04/11/17</b>	<b>dom 12/11/17</b>
<b>Fase Documentació</b>	<b>30 días</b>	<b>lun 13/11/17</b>	<b>dom 24/12/17</b>
Reunió per comentar l'informe	1 día	lun 13/11/17	lun 13/11/17
Reunió i obtenir components	3 días	mar 14/11/17	jue 16/11/17
Investigar sobre els components	5 días	vie 17/11/17	jue 23/11/17
Muntatge	4 días	vie 24/11/17	mié 29/11/17
Programar funcionalitats	4 días	jue 30/11/17	mar 05/12/17
Fer les fitxes	6 días	jue 07/12/17	jue 14/12/17
Fer proposta robot	1 día	vie 15/12/17	vie 15/12/17
Fer pressupost	2 días	sáb 16/12/17	dom 17/12/17
<b>Informe de Progrés</b>	<b>6 días</b>	<b>lun 18/12/17</b>	<b>dom 24/12/17</b>

Fase Robot	36 días	lun 25/12/17	lun 12/02/18
Disseny del robot	3 días	lun 25/12/17	mié 27/12/17
Investigar sobre els components	3 días	jue 28/12/17	dom 31/12/17
Muntatge del robot	6 días	lun 01/01/18	lun 08/01/18
Programar robot	4 días	mar 09/01/18	vie 12/01/18
Testejar robot	4 días	sáb 13/01/18	mié 17/01/18
Proposta Informe Final	7 días	jue 18/01/18	vie 26/01/18
Fer millores del informe	7 días	sáb 27/01/18	dom 04/02/18
Preparació de la presentació provisional	6 días	lun 05/02/18	dom 11/02/18
Entrega del treball final	1 día	lun 12/02/18	lun 12/02/18

Taula 1. Planificació

Perquè sigui més il·lustratiu s'ha inclòs un diagrama de Gantt a l'apèndix A2.

La planificació del projecte s'ha fet amb el programa Microsoft Project[5].

## 5 METODOLOGIA

Per dur a terme el treball s'ha seguit una estructura com s'ha après durant els treballs fet a la carrera. És a dir, he seguit els següents 5 passos: anàlisi de requeriments, disseny, implementació, test, evolució. D'aquesta forma poder fer un millor treball seguint les bones pràctiques apreses.

Ja més concretament s'ha seguit el que a continuació s'explicarà en diferents punts:

- Utilitzar el software Arduino per escriure el codi que s'introdueix a la placa Arduino Uno i Mega. També s'ha fet ús del Notepad ++ com a eina per passar el codi de l'IDE Arduino a text amb format de codi
- El llenguatge de programació ha sigut el llenguatge d'Arduino, un llenguatge basat en el C adaptat a les plaques Arduino i que també inclou algunes llibreries del C++.
- Durant la creació del treball s'han utilitzat les eines necessàries per a la construcció de les fitxes i del robot, ja sigui soldadors, tornavis, etc.
- Per cada fase del projecte s'han utilitzat les llibreries i el software necessaris per dur-les a bon port.
- Obtenir els materials els necessaris per poder fer el treball, ja siguin per cortesia del tutor o per ja tenir-ne a casa. D'aquesta manera testear i veure en temps real que el funcionament és el que pertoca.
- Treballar de forma constant amb reunions periòdiques amb el tutor per mostrar-li el treball fet i per comentar els passos a fer a continuació.

## 6 EINES UTILITZADES

En aquest apartat es tractaran les eines utilitzades en el desenvolupament del treball. Les eines utilitzades són les següents:

- **Arduino [1]**  
Editor de text creat per Arduino, utilitzat per crear els diferents exemples, també el codi creat pels dos instructables duts a terme. Permet pujar el codi a la placa Arduino. Accés gratuït.
- **Fritzing [2]**  
Editor de sketches creat per Fritzing, utilitzat per fer tots els sketches de les fitxes i dels instructables. Ha simplificat la feina de creació. Accés gratuït.
- **Lucidchart [3]**  
Software as a Service creat per Lucid Software. Ha permès la creació dels diagrames fets pel treball. Accés gratuït.
- **Google Docs [4]**  
Software as a Service creat per Google, utilitzat per dur a terme totes les fitxes i documents necessaris durant tot el projecte. Accés gratuït.
- **Microsoft Project [5]**  
Software de gestió de projectes creat per Microsoft, utilitzat per la planificació del projecte i el diagrama de Gantt. Accés gratuït per estudiants.
- **Arduino Bluetooth RC Car [6]**  
Aplicació per a Android creada per Andi.co. S'ha utilitzat com a control remot, tant per a control manual, com per activar la modalitat d'aparcament intel·ligent.

## 7 DESENVOLUPAMENT

### 7.1 Documentació

Abans d'iniciar el desenvolupament de la documentació s'ha fet una recerca de requisits per veure quins eren els apartats necessaris que havia de tindre cada fitxa de la documentació. Aquesta recollida de requisits s'ha fet mirant la cerca d'informació feta pels usuaris d'internet, el tutor que ha actuat com a stakeholder i el propi autor del treball.

Els requisits obtinguts a partir de la cerca han sigut els següents:

Requisits	Prioritat
R1: Clar i entenedor	Alta
R2: Format Amigable	Alta
R3: Exemples	Crítica

Taula 2. Requisits

La cerca ha permès crear un seguit de camps necessaris a fer per tal de fer una documentació completa per cada element. Les parts són les següents:

1. **Nom:** aquí va posat el nom de l'element de la fitxa.
2. **Tipus:** s'ha dividit en tres tipus, els de mòdul, els de plaques i els de motor. Indica quin tipus d'element és, per exemple en el cas del motor utilitzat en el projecte del Smart Park Robot, un motor amb reductora.
3. **Característiques:** s'hi especifica les característiques principals de l'element, com el voltatge o el tamany.
4. **Descripció:** descriu de que està format l'element i explica quins pins té i quina és la seva funcionalitat.
5. **Llibreries:** s'inclouen les llibreries utilitzades en l'apartat d'exemples que apareix en el camp 9. Aquestes s'utilitzen per simplificar l'ús d'alguns elements de la documentació. També apareix el link des d'on es descarrega.
6. **Foto:** foto de l'element.
7. **Exemple de configuració:** amb el programa Fritzing s'ha fet un "sketch" de com connectar l'element a la placa Arduino i als seus pins per tal de que el codi funcioni.
8. **Com funciona:** descriu com funciona l'element a tractar. No és el mateix que la descripció.
9. **Exemple de codi:** codi utilitzat en el exemple que està adaptat perquè funcioni seguint la configuració del fritzing. Depenent de l'element tractat pot tindre més d'un exemple degut a la complexitat i/o funcionalitats que pugui tindre.
10. **Sortida:** la sortida dels exemples de codi, tant si són per la consola del IDE d'Arduino com visuals. Hi ha tants camps com exemples de codi hi hagi.
11. **Projectes en els que es pot fer servir:** en aquest apartat hi ha un recull d'instructables fets utilitzant l'element tractat que poden ser interessants tant pel contingut com per com estan fets.

Aquests han estat els apartats que ha tingut cada fitxa. Inicialment les fitxes tenien un format tipus document però finalment es va decidir que tingués un aspecte de taula per ser més semblant a una fitxa.

Durant el desenvolupament de les fitxes va ser descartat l'apartat de Fabricant, degut a que la informació que aportava no era essencial i perquè la majoria d'elements són fabricats a Xina i sense cap distintiu que identifiqui el seu fabricant.

Aquestes fitxes han tingut en compte unes restriccions establertes abans de fer la documentació. Són aquestes:

1. Cada fitxa no pot ser més llarga de 3 pàgines.
2. L'usuari ha de poder accedir als el software que s'ha utilitzat per fer les fitxes i els exemples sense previ pagament (software lliure).

S'han anat fent totes les fitxes mitjançant l'ús de Google Docs [4] d'aquesta manera s'ha tingut control de les versions que s'han anat fent.

A l'Apèndix A3 hi ha una llista completa de tots els components en els que s'ha treballat, amb una breu descripció i a l'Apèndix A4 un exemple de fitxa.

## 7.2 Smart Park Robot

Abans de començar el desenvolupament del robot s'han fixat els objectius especificats anteriorment. Un cop fixats, s'ha prosseguit a planificar quins elements eren necessaris per dur a terme el projecte, per tal de fer-ho s'ha fet un diagrama amb Lucidchart [3]. El diagrama és el següent:

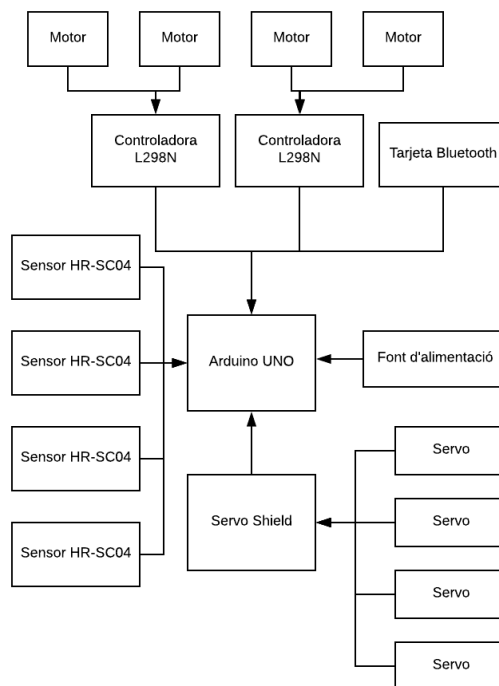


Figura 1. Esquema del robot

A l'Apèndix A1 es pot observar el diagrama descrit anteriorment en format de sketch de fritzing.

### 7.2.1 Pressupost

Ja fet el diagrama s'ha passat a fer un pressupost per tal de comprar els elements indicats en el diagrama (dels quals s'ha fet una fitxa també). S'han fet dos pressupostos del projecte, l'acceptat ha sigut el següent:

Nom	Quant.	Preu	Total
Sensor HC-SR04	4	3,30 €	13,20 €
Servo Power HD 6001HB	4	12,90 €	51,60 €
Mòdul Bluetooth HC-05	1	7,20 €	7,20 €
Cables M/M (10 u.)	1	2,50 €	2,50 €
Cables M/F (10 u.)	1	2,50 €	2,50 €
Cables F/F (10 u.)	1	2,50 €	2,50 €
Motor micro metall 150:1 HP	4	17,90 €	71,60 €
Fundes protectores pel motor (2 u.)	2	4,60 €	9,20 €
Roda tot terreny	2	5,90 €	11,80 €

Controladora L298N	2	17,50 €	35 €
Servo Shield Micro Maestro	1	16,90 €	16,90 €
Arduino UNO Rev.3	1	19,95 €	19,95 €
		<b>IVA</b>	<b>51,23 €</b>
		<b>Total</b>	<b>295,18 €</b>

Taula 3. Pressupost

Aquest pressupost ha patit canvis degut a la disponibilitat dels servos, que s'ha canviat pel servos DS65HB.

El xassís no s'ha inclòs en el pressupost ja que s'ha utilitzat fusta reciclada, els suports dels sensors i dels servos s'han imprès en una impressora 3D.

### 7.2.2 Alimentació

Per escollir la font d'alimentació s'han fet un seguit de càlculs per determinar el voltatge necessari i el consum dels elements per tal d'escollir la que fos més adequada. La taula següent:

Nom	Voltatge	Consum
Sensor HC-SR04	5V	< 2mA
Micro Servo DS65HB	4,5 - 6V	220 mA
Mòdul Bluetooth HC-05	3,3 - 6V	50 mA
Motor micro metall 150:1 HP	3 - 9V	120 mA (1600 mA càrrega)
Arduino UNO Rev.3	6 - 20V	< 50 mA
	<b>Total mín.</b>	<b>1.468 mA</b>
	<b>Total màx.</b>	<b>7.388 mA</b>

Taula 4. Alimentació

Fets aquests càlculs s'ha optat per 4 piles AA de 1,5 V i d'alt amperatge.

### 7.2.3 Disseny

Un cop decidit la font d'alimentació s'ha fet un diagrama de flux que il·lustra el comportament que ha de tindre el robot. El diagrama resultant és el següent:

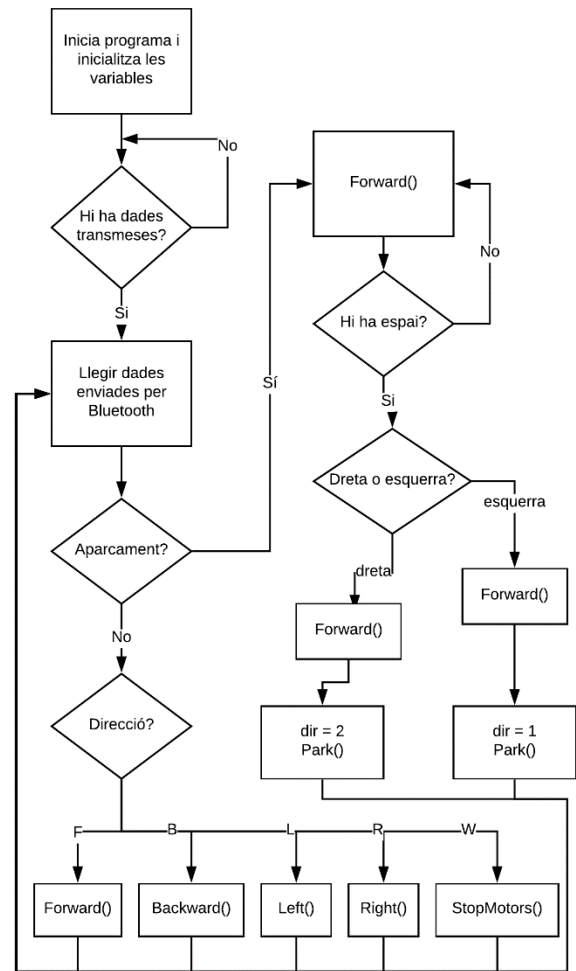


Figura 2. Diagrama de flux del funcionament del robot

Dintre del diagrama la funció park() és la que fa l'aparcament que surt explicada al diagrama següent:

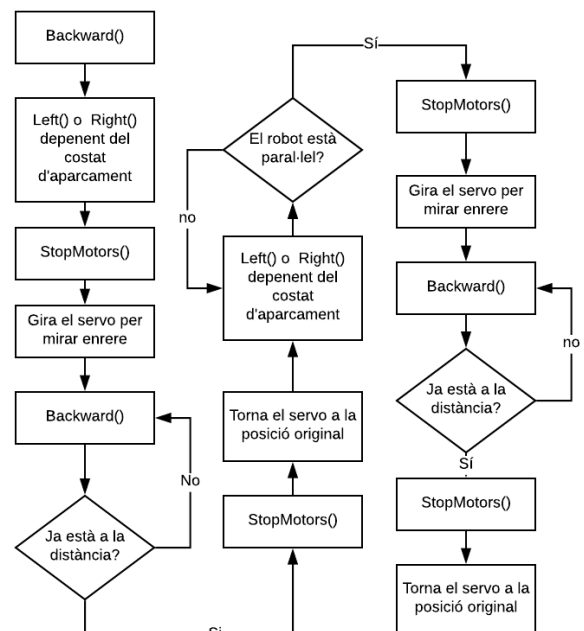


Figura 3. Diagrama de Park()



Amb el diagrames fets s'ha passat a fer el muntatge del robot.

A nivells de disseny s'ha optat per que tingués dos pisos, el de sota on s'ha col·locat la placa Arduino, les controladores de motors L298N i la font d'alimentació, quedant els motors col·locats a la part de sota del primer pis. El segon pis s'han col·locat els servos, els sensors i el mòdul Bluetooth. Aquesta de decisió de disseny s'ha pres per raons de tamany i optimització de l'espai i els recursos. El disseny del xassís i la col·locació dels elements ha patit canvis al llarg de la creació fins a quedar el resultat següent:

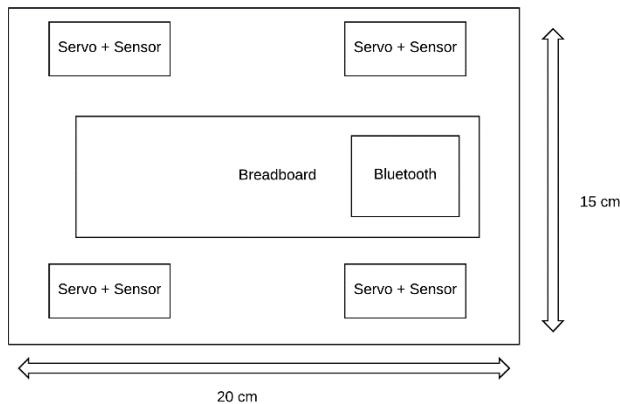


Figura 4. Base del robot

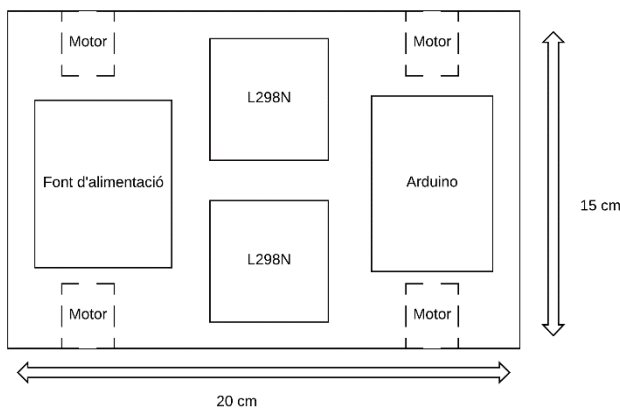


Figura 5. Pis superior del robot

Finalitzat el muntatge, s'ha codificat la funcionalitat que es volia fer, és a dir, s'ha fet el codi que el robot fa servir per complir les dos funcionalitats que s'han establert en els objectius. També s'ha tingut en compte que el robot havia de funcionar amb l'aplicació per Android, Arduino Bluetooth RC Car[6] i que també es pugui activar la funcionalitat d'aparcament intel·ligent.

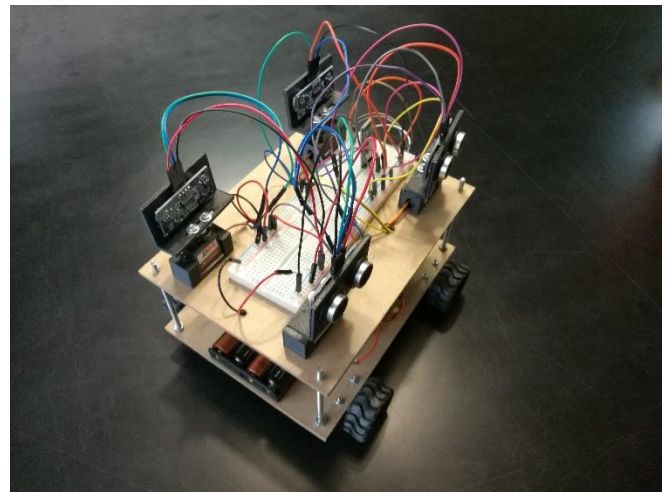


Figura 6. Robot

### 7.2.4 Diagrama de seqüència

La Figura 4 permet veure la interacció que es du a terme entre l'usuari, l'aplicació del mòbil i el robot.

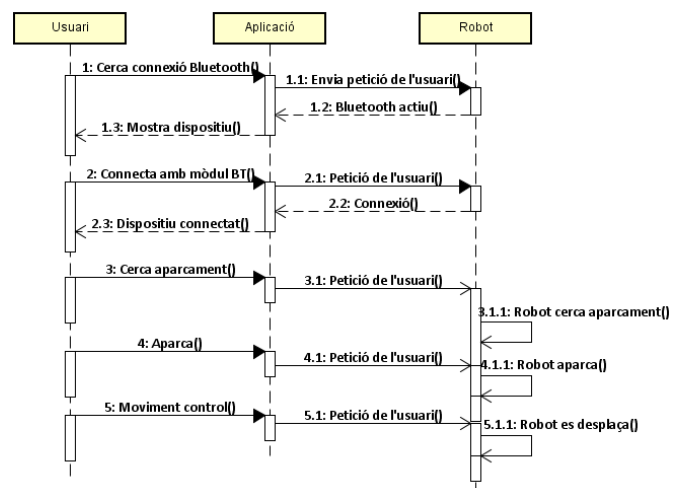


Figura 7. Diagrama de seqüència

## 8 TEST

Tot els elements de la documentació i del robot han sigut testejats exhaustivament per comprovar que funcionessin correctament i no estiguessin malmesos, els malmesos han estat descartats.

S'han fet tres tipus de test per comprovar-ho:

- **Test unitari:** test de la unitat mínima del sistema, en aquest cas els components i el seu codi.
- **Test d'integració:** test de la integració de les unitats, en aquest cas la interacció entre components en el robot.
- **Test del sistema:** test del funcionament del sistema sencer, és a dir, amb tots els components interactuant entre si.

A la Taula 4 hi ha els testos que s'han fet per comprovar el

correcte funcionament de tot el que integra la documentació i el robot.

Documentació			
Tipus de test	Mòdul	Descripció	Resultat
Unitari	Tots els mòduls	Funcionalitat que escau de cada component	Passat
Robot			
Unitari	Sensor	Mesurar distància en centímetres	Passat
Unitari	Servo	Gira angles de 90 graus	Passat
Unitari	Motor	Gira endavant i endarrere	Passat
Unitari	Bluetooth	Connecta i rep dades	Passat
Integració	Servo / Sensor	Gira servo i sensor funciona	Passat
Integració	Bluetooth / aplicació del mòbil	Interacció de l'aplicació amb el mòdul Bluetooth	Passat
Sistema	Tots els mòduls	Funcionament del sistema amb tots els mòduls funcionant a la vegada	Passat

Taula 4. Testos fets

Els mòduls testejats de la documentació han estat configurats tal com està indicat al sketch de la seva pròpia fitxa. S'ha comprovat que els valors fossin els esperats, en el cas de que no ho fossin s'ha recodificat fins a obtenir els resultats esperats, i que passessin el test.

En el cas del Smart Park Robot, en els testos unitaris s'ha seguit el mateix procediment que a la documentació. En els d'integració s'ha fet la prova de la interacció per separat i en el del sistema s'ha configurat tal i com indica el sketch que està a l'Apèndix A1 pel test de sistema.

Tot el test s'ha fet en temps real aprofitant l'avantatge de tindre els elements de hardware presents i obtenint els resultats al moment, permetent d'aquesta forma fer qualsevol modificació veient el comportament dels elements.

## 9 RESULTATS

Els resultats obtinguts del desenvolupament del treball són una carpeta amb subcarpetes per classificar les fitxes que de les que s'ha parlat abans. En total consta de 31 fitxes de diferents components sobre els que s'ha treballat durant tot el projecte. També consta de dos instructables, un de senzill per quan l'usuari s'està iniciant i un del Smart Park Robot creat, amb tots els passos que s'han de seguir per tal d'aconseguir els mateixos resultats.

Per comprovar que les fitxes tenen un format i informació entenedora i adequada s'ha mostrat a diferents persones, tant usuaris amb experiència en el camp de la electrònica

i/o la informàtica com persones inexpertes en aquests camps, i el resultat obtingut ha sigut satisfactori. Tant uns com altres usuaris han sigut capaços de seguir d'entendre la informació i poder-la posar en pràctica sense l'ajut per part de l'estudiant.

A part dels resultats obtinguts en paper també s'ha obtingut un robot que amb un mòbil pot ser controlat via Bluetooth i que té la funcionalitat d'aparcament intel·ligent que es pot activar quan es vulgui que el cotxe aparqui sol.

Els resultats obtinguts a partir d'una mostra de 50 aparcaments s'han classificat entre 3 tipus d'aparcament segons el nivell de qualitat aconseguit: el primer que es l'aparcament perfecte, en el segon el robot no queda en la posició perfecta però queda prou bé i l'últim, el robot no queda ben aparcat o excessivament tort. Els resultats són els següents:

Tipus d'aparcament	Número de cops
Perfecte	8
Regular	28
Malament	14

Taula 5. Resultats aparcaments

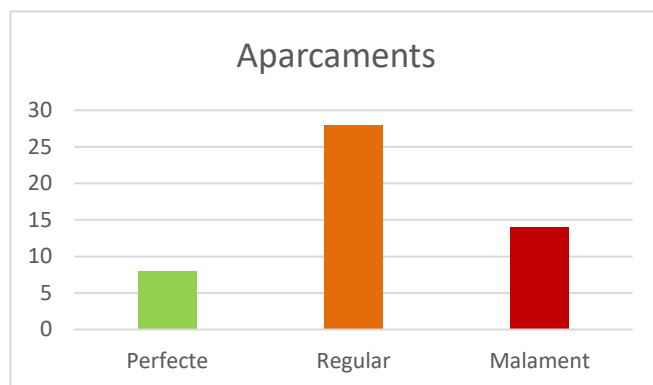


Figura 8. Gràfica dels resultats d'aparcament

Tenint en compte la precisió que tenen els sensors es pot dir que els resultats són bons. Dintre dels malament podem dir que només un número reduït han sigut impactes, la majoria no han impactat.

Per mostrar el funcionament del robot s'ha fet un parell de vídeos que s'han penjat a la xarxa per poder mostrar el funcionament en temps real. En el primer vídeo el robot està sent controlat:

### Vídeo - Moviments bàsics

<https://youtu.be/GRLDqKLQIss>

En el segon vídeo s'activa la funcionalitat d'aparcar i s'aprecia com aquest aparca sol:

### Vídeo - Aparcament

[https://youtu.be/aG\\_74GrKMfU](https://youtu.be/aG_74GrKMfU)

## 10 TREBALL FUTUR

Un cop acabat el desenvolupament del treball queden nous

campes en els que es podria treballar per a crear un contingut més extens i millor de l'actual. Les ampliacions que es podrien dur a terme serien les següents:

[1] **Noves fitxes:**

Ampliar el número de fitxes, afegint fitxes de components no tant comuns, afegir més varietat en definitiva per fer-la encara més completa.

[2] **Nous instructables:**

Ampliar el número d'instructables de projectes a crear amb Arduino, separant-los en nivells de dificultat, és a dir des de projectes per a novinguts fins a projectes d'un grau alt de complexitat.

[3] **Raspberry Pi:**

Un cop ampliada la documentació amb Arduino també seria interessant invertir temps en la creació d'una també extensa documentació amb fitxes i instructables per a les plaques Raspberry Pi.

[4] **Creació d'aplicacions mòbil:**

En comptes d'utilitzar aplicacions ja existents crear noves aplicacions adaptades al complet a les característiques dels diferents projectes que es documentin.

Un cop fetes aquestes millores es podria arribar a plantejar fins i tot la idea de fer una publicació d'un llibre per a novinguts que els interessi iniciar-se en el món de la robòtica, i més concretament a Arduino i Raspberry Pi.

## 11 CONCLUSIONS

A l'inici del treball es van fixar uns una sèrie d'objectius a complir, ara s'analitzaran punt per punt quins s'han complert, quins no o quins s'han fet a mitges.

Per fer tant la documentació com el robot s'han adquirit els coneixements esperats en Arduino. També l'ús de les eines necessàries per treballar en una placa Arduino i en instructables.

L'objectiu de fer una documentació per a ser utilitzada a classes de Robòtica, Llenguatge i Planificació s'ha completat i a més a més amb una bona extensió de continguts.

Tal i com ja s'ha comentat en els resultats, havent mostrat les fitxes a persones sense coneixements en el camp ha permès comprovar com el resultat obtingut és satisfactori, per tant, l'objectiu de fer unes fitxes clares i entenedores ha sigut aconseguit.

Els materials han sigut testejats en temps real tant en el moment de fer les fitxes com en el treball fet en el robot, com il·lustra els vídeos enllaçats a l'apartat de Resultats.

Els dos últims punts del treball en general també s'han aconseguit ja que jo com a autor d'aquest treball he adquirit coneixements suficients com per fer un Smart Park Robot i en un futur en permet fer nous projectes de major

complexitat gràcies a tot l'aconseguit en el treball. Per la banda dels alumnes, gràcies a les proves fetes amb usuaris que han obtingut resultats satisfactoris, es pot assegurar que permetran als alumnes portar a terme tot tipus de projecte.

Finalment si s'analitzen els objectius en referència al robot es pot dir que tots els objectius s'han complert, a excepció de l'objectiu número 5. El robot tal i com està codificat només permet l'aparcament en paral·lel. S'haurien de fer modificacions per permetre l'aparcament en bateria.

## AGRAÏMENTS

Volia agrair en primer lloc al meu tutor, Fernando Vilariño, professor de Robòtica, Llenguatge i Planificació, per tot el suport durant la duració del treball, per totes les reunions concertades, la seva atenció i material de suport entregat. També per haver fet aquesta proposta que m'ha permès introduir-me en el món de la robòtica.

A la meua família per recolzar-me no només durant aquest període de tanta feina com es el TFG sinó per el recolzament durant tota la carrera i per confiar que me'n sortiria. En especial al meu pare per l'ajuda que m'ha donat per dur a terme el treball.

Als meus companys i amics de carrera per haver compartit 4 anys i escaig de carrera el meu costat, patint i gaudint de la vida universitària.

Finalment, voldria acabar agraint a tots els professors que he tingut a la carrera per haver-me format tant com a enginyer informàtic i com a persona.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Arduino. "What is Arduino?". [Online]. Disponible a: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Visitat: 03/10/2017
- [2] Friends-of-Fritzing Foundation. "Aplicació d'esquemes". [Online]. Disponible a: <http://fritzing.org/home/>. Visitat: 02/10/2017
- [3] Instructables. "Pàgina web amb exemples de projectes". [Online]. Disponible a: <http://www.instructables.com/>. Visitat: 10/01/18
- [4] Minitrónica. "El Internet de las cosas (IoT) y su relación con Arduino". [Online]. Disponible a: <https://www.minitronica.com/crecimiento-del-internet-las-cosas-iot-relacion-arduino/>. Visitat: 18/01/18
- [5] Arduino. "Arduino Teams with Semtech to Help Fuel IoT Growth Using Semtech's LoRa Technology". [Online]. Disponible a: <https://globenewswire.com/news-release/2017/01/04/903308/0/en/Arduino-Teams-with-Semtech-to-Help-Fuel-IoT-Growth-Using-Semtech-s-LoRa-Technology.html>. Visitat: 18/01/18
- [6] Luís Llamas. "Pàgina web amb informació sobre components d'Arduino". [Online]. Disponible a:



- <https://www.luisllamas.es>. Visitat: 20/12/17
- [7] Global Market Insights, Inc. "Single Board Computer Market worth more than \$1.2bn by 2024". [Online]. Disponible a: <https://www.gminsights.com/pressrelease/single-board-computer-sbc-market>. Visitat: 20/01/18
- [8] Ronak Bora. "Single Board Computer market to register highest growth from defense & aerospace applications over 2016-2024". [Online]. Disponible a: <https://www.thecampingcanuck.com/single-board-computer-market/7509/>. Visitat: 20/01/18
- [9] Ben Miller. "Robotics industry growth to be gigantic in next 5 years, says report". [Online]. Disponible a: <https://www.bizjournals.com/denver/news/2017/07/05/robotics-industry-growth-to-be-gigantic-in-next.html>. Visitat: 20/01/18
- [10] Arduino. "Libraries". [Online]. Disponible a: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Libraries>. Visitat: 15/01/18

- 
- E-mail de contacte: [daniel.garciabl@e-campus.uab.cat](mailto:daniel.garciabl@e-campus.uab.cat)
  - Menció realitzada: Enginyeria del Software
  - Treball tutoritzat per: Fernando Luís Vilariño Freire (CVC)

APÈNDIX

A1. SKETCH EN FRITZING

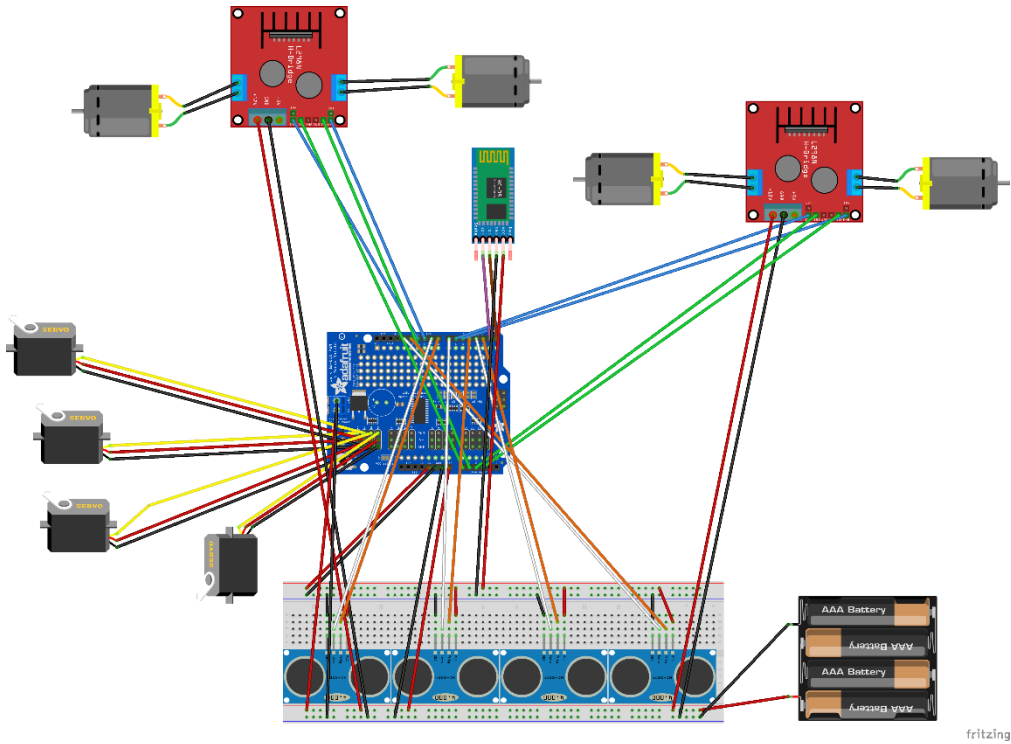


Figura 9. Configuració del robot

A2. DIAGRAMA DE GANTT

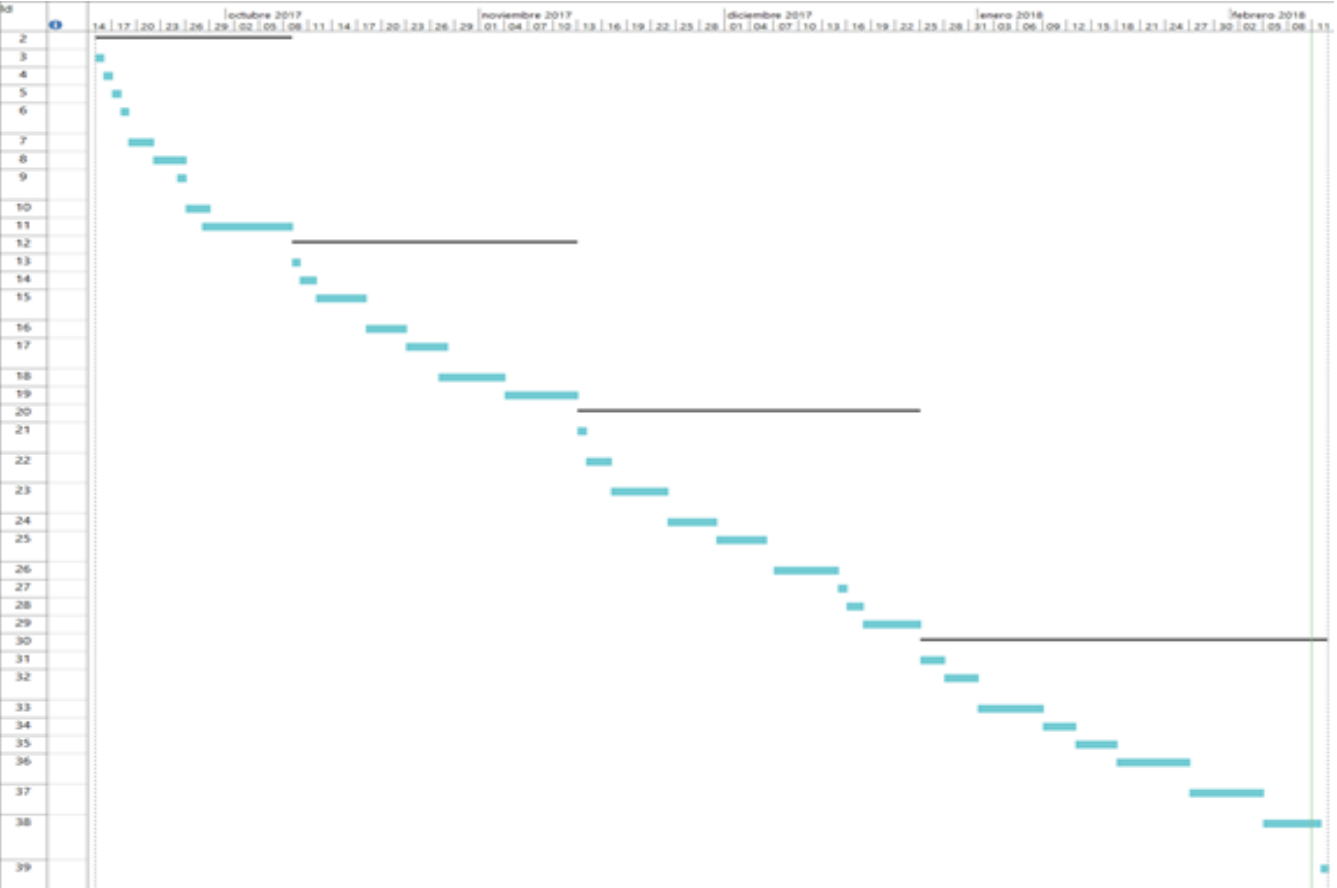


Figura 10. Diagrama de Gantt

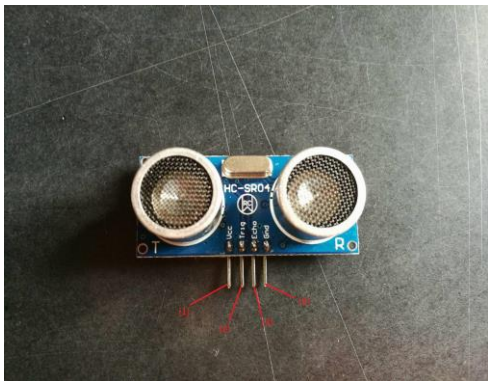
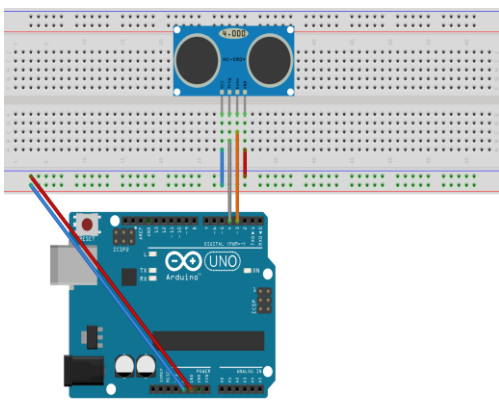
### A3. TAULA DE COMPONENTS

Nom	Descripció
ANALOG ACCELEROMETER V1.0	Acceleròmetre format per un sensor analògic LIS344ALH i un jumper per ajustar la sensibilitat. Permet mesurar fins a 3 ports analògics a la vegada.
ARDUINO MEGA	És una placa microcontroladora basada en el chip ATmega2560. Consta amb 70 pins, repartits en 39 digitals, 15 digitals amb modulació per amplada de pols i 15 analògics.
ARDUINO UNO	És una placa microcontroladora basada en el chip ATmega328P. Consta amb pins, repartits en 8 digitals, 6 digitals amb modulació per amplada de pols i 6 analògics.
BMP180	Sensor de pressió atmosfèrica format per un sensor BMP180 i un controlador KB33.
DHT11	Sensor d'humitat i temperatura format per un sensor d'humitat, un sensor NTC de temperatura i un IC.
DS3231	Relloige d'alta precisió amb un TXCO (temperature-compensated crystal oscillator) integrat
FLAME SENSOR	Sensor de flames format per un sensor d'ones Y1006, un potenciòmetre per ajustar la sensibilitat, un comparador LM393 i uns LEDs per a l'energia i la detecció.
FC-37	Sensor de pluja format per un chip comparador (LM393), un potenciòmetre que se li pot ajustar la sensibilitat i un sensor FC-37.
FC-51	Sensor de proximitat format per un sensor que detecta la reflexió de la llum, un potenciòmetre per ajustar la sensibilitat, un comparador LM393 i uns LEDs per a l'energia i la detecció.
HC-SR04	Sensor d'ultrasons format per un emissor d'ultrasons, un receptor i un circuit de control.
HC-SR501	Sensor de moviment format per un sensor PIR LHI778 i un controlador BISS0001. Se li pot modificar els paràmetres de sensibilitat de detecció, temps d'activació i resposta a deteccions repetitives mitjançant dos potenciòmetres i un jumper.
HC-05	Mòdul Bluetooth format per una antena, un LED i una interfície serial Bluetooth. Pot treballar tant com a master com a slave. Pot ser configurat mitjançant comandes AT.
KY-008	Làser format per un làser.
KY-012	Buzzer actiu format per un buzzer piezoelèctric actiu.
KY-017	Sensor de detecció de la inclinació format per un interruptor de mercuri i un LED que està activat quan el circuit està tancat (no inclinat).
KY-033	Sensor de rastreig format per un sensor TCRT5000, un potenciòmetre per ajustar la sensibilitat, un comparador LM393 i uns LEDs per a l'energia i la detecció.
L298N	Controladora de motors que accepta fins a dos motors a la vegada, o un de gran amperatge.

L9110	Controladora de motors que accepta fins a dos motors a la vegada.
GEARED DOWN MOTOR	Motor de corrent contínua amb reductora, preparat per incorporar dues rodes. Té dues connexions que es poden utilitzar per connectar amb la controladora de motors L9110. La reductora que porta incorporada li permet augmentar el par motor i reduir la velocitat de gir.
MOTOR DC	Motor de corrent contínua, preparat per incorporar una roda. Té dues connexions que es poden utilitzar per connectar amb la controladora de motors L9110.
MQ-2	Sensor de gas d'alta precisió i rapidesa. Està format per un sensor compost per un microtub ceràmic, una capa sensitiva de SnO <sub>2</sub> , un elèctrode i un escalfador, tots recoberts per una malla d'acer.
NRF24L01	Transmissor Wifi format pel chip NRF24L01 y una antena.
PHOTO SENSOR	Sensor de llum compost per un foto resistor, un potenciòmetre per ajustar la sensibilitat, un xip LM393 (comparador) i un LED de senyal.
S210	Servo que permet fer girs de graus determinats, format per un motor DC i una reductora.
SERVO SHIELD	Servo shield que s'introdueix a sobre de la placa Arduino, afegint connexions per servos als pins normals de l'Arduino. Utilitza els pins SDA i SCL per funcionar. Poden juntar-se varies Servo shield a la vegada.
SRD-05VDC-SL-C	Mòdul compost per un relé que ens permet controlar circuits de voltatges elevats, està format per un electroimant.
SW420	Sensor de vibració compost per un sensor de vibració, un potenciòmetre per ajustar la sensibilitat, un xip LM393 (comparador) i un LED de senyal.
XD-FST	Transmissor sense fils amb freqüència ajustable que està format per un ressonador SAW (Surface Acoustic Wave) i una bobina.
XD-RF-5V	Receptor sense fils ajustable que està format per un chip LM358 i una bobina.
YL-69	Sensor d'humitat del terra format per un sensor d'humitat YL-69, un xip comparador (LM393) i un potenciòmetre per ajustar la sensibilitat.
28BYJ-48	Motor pas a pas amb reductora incorporada. Té 5 connexions que es poden utilitzar per connectar amb la controladora de motors ZC-A0591.

Taula 6. Components treballats

## A4. EXEMPLE DE FITXA

<b>Nom</b>	HC-SR04
<b>Tipus</b>	Sensor d'ultrasons
<b>Característiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voltatge: 5V CC</li> <li>- Amperatge: 15 mA</li> <li>- Angle de mesura: 15°</li> <li>- Abast: 2 cm - 4 m</li> <li>- Freqüència: 40 KHz</li> <li>- Precisió: 3 mm</li> <li>- Dimensions: 45 x 20 x 15 mm</li> </ul>
<b>Descripció</b>	<p>Sensor d'ultrasons format per un emissor d'ultrasons, un receptor i un circuit de control. Té 4 pins:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- VCC: connecta amb la font d'energia. (1)</li> <li>- Trig: trigger que s'activa, i s'emet un ultrasò. (2)</li> <li>- Echo: rep el echo de retorn d'un objecte. (3)</li> <li>- Gnd: fa de connexió terra. (4)</li> </ul>
<b>Llibreries</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NewPing Library <a href="https://bitbucket.org/teckel12/arduino-new-ping/downloads/">https://bitbucket.org/teckel12/arduino-new-ping/downloads/</a> (Llibreria que simplifica l'ús del sensors d'ultrasons)</li> <li>- Ultrasonic Library <a href="http://www.arduino-libraries.info/libraries/ultrasonic">http://www.arduino-libraries.info/libraries/ultrasonic</a> (Llibreria que simplifica l'ús del sensors d'ultrasons)</li> </ul>
<b>Foto</b>	
<b>Exemple de configuració (Fritzing)</b>	

<b>Com funciona?</b>	<p>El funcionament del sensor consisteix en l'enviament de polsos de so fets per l'emissor d'ultrasons que a la tornada, després de rebotar contra un objecte, el rep el receptor.</p> <p>Tenint en compte el temps del pols sencer i la velocitat del so es pot calcular la distància que hi ha entre el sensor i l'objecte. Amb la fórmula següent es pot calcular la distància:</p> $\text{Distància} = \frac{\text{Temps}(\mu\text{s})}{2 \times \text{Velocitat del so}}$ <p>El càlcul es divideix entre dos ja que el pols total consta de dos trajectes, el d'anar i el de tornar.</p>
<b>Exemple de codi</b>	<p>Fet amb la llibreria NewPing</p> <pre>#include &lt;NewPing.h&gt;  #define TRIGGER_PIN 4 //Pin 4 connectat amb pin Trig #define ECHO_PIN 3 //Pin 3 connectat amb pin Echo #define MAX_DISTANCE 400 //Distancia maxima del ping  void setup() {   Serial.begin(9600); }  void loop() {   //Constructor   NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);    //Temps entre l'inici del pols i l'arribada (microsegons)   int temps = sonar.ping();   //Distancia entre emissor i objecte (centimetres)   int dis = sonar.ping_cm();    Serial.print("El temps es de: ");   Serial.print(temps);   Serial.println(" microsegons");   Serial.print("La distancia es de: ");   Serial.print(dis);   Serial.println(" cm");   delay(1000); }</pre>
<b>Exemple de codi</b>	<p>Sense llibreria importada</p> <pre>#define TRIGGER_PIN 4 //Pin 4 connectat amb pin Trig #define ECHO_PIN 3 //Pin 3 connectat amb pin Echo  void setup() {   Serial.begin(9600);   pinMode(TRIGGER_PIN, OUTPUT); }</pre>

<pre> pinMode(ECHO_PIN, INPUT); }  void loop() {   //Temps entre l'inici del pols i l'arribada (microsegons)   int temps = ctemps(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN);   //Distancia entre emissor i objecte (centimetres) calculada   //a partir de la velocitat del so (cm/us) i el temps   int dis = temps*0.0343/2;    Serial.print("El temps es de: ");   Serial.print(temps);   Serial.println(" microsegons");   Serial.print("La distancia es de: ");   Serial.print(dis);   Serial.println(" cm");   delay(1000); }  int ctemps(int trig, int echo){   int temps;    //Es posa a LOW durant 4 microsegons   //per poder generar un pols net ja que   //netegem el pin del Trigger   digitalWrite(trig, LOW);   delayMicroseconds(4);   //Es genera un trigger de 10 microsegons   digitalWrite(trig, HIGH);   delayMicroseconds(10);   //Es torna a posar a LOW per acabar el pols   digitalWrite(trig, LOW);    //Llegeix el Echo, retorna el temps en microsegons   temps = pulseIn(echo, HIGH);    return temps; } </pre>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="792 159 889 721"> <b>Sor-tides</b> </td><td data-bbox="889 159 1416 721"> <p>Exemple 1:</p> <p>El temps es de: 691 microsegons La distancia es de: 12 cm El temps es de: 359 microsegons La distancia es de: 6 cm</p> <p>Exemple 2:</p> <p>El temps es de: 712 microsegons La distancia es de: 12 cm El temps es de: 360 microsegons La distancia es de: 6 cm</p> <p>Com podem veure en ambdós casos donen uns resultats molt similars utilitzant en el primer la Llibreria NewPing i el segon sense utilitzar llibreries externes.</p> </td></tr> <tr> <td data-bbox="792 721 889 1516"> <b>Proje-tes en els que es pot fer servir</b> </td><td data-bbox="889 721 1416 1516"> <p>Auto Ultrasonic Car: <a href="https://create.arduino.cc/projecthub/ishaq-yang/auto-ultrasonic-car-a85c6f?ref=tag&amp;ref_id=ultrasonic&amp;offset=1">https://create.arduino.cc/projecthub/ishaq-yang/auto-ultrasonic-car-a85c6f?ref=tag&amp;ref_id=ultrasonic&amp;offset=1</a></p> <p>How To Make a Simple Arduino Alarm System: <a href="http://www.makeuseof.com/tag/how-to-make-a-simple-arduino-alarm-system/">http://www.makeuseof.com/tag/how-to-make-a-simple-arduino-alarm-system/</a></p> <p>Ultrasonic Ranging Using Arduino and Processing (Radar): <a href="https://create.arduino.cc/projecthub/bharathrao64/ultrasonic-ranging-using-arduino-and-processing-radar-4091b4?ref=search&amp;ref_id=radar&amp;offset=3">https://create.arduino.cc/projecthub/bharathrao64/ultrasonic-ranging-using-arduino-and-processing-radar-4091b4?ref=search&amp;ref_id=radar&amp;offset=3</a></p> <p>Ultrasonic Map-maker using an Arduino Yun: <a href="https://create.arduino.cc/projecthub/Satyavrat/ultrasonic-map-maker-using-an-arduino-yun-37c72e?ref=search&amp;ref_id=ultrasonic%20distance&amp;offset=0">https://create.arduino.cc/projecthub/Satyavrat/ultrasonic-map-maker-using-an-arduino-yun-37c72e?ref=search&amp;ref_id=ultrasonic%20distance&amp;offset=0</a></p> <p>Distance Measurement Using HC-SR04: <a href="http://www.instructables.com/id/Arduino-HC-SR04-with-LCD/">http://www.instructables.com/id/Arduino-HC-SR04-with-LCD/</a></p> </td></tr> </table>	<b>Sor-tides</b>	<p>Exemple 1:</p> <p>El temps es de: 691 microsegons La distancia es de: 12 cm El temps es de: 359 microsegons La distancia es de: 6 cm</p> <p>Exemple 2:</p> <p>El temps es de: 712 microsegons La distancia es de: 12 cm El temps es de: 360 microsegons La distancia es de: 6 cm</p> <p>Com podem veure en ambdós casos donen uns resultats molt similars utilitzant en el primer la Llibreria NewPing i el segon sense utilitzar llibreries externes.</p>	<b>Proje-tes en els que es pot fer servir</b>	<p>Auto Ultrasonic Car: <a href="https://create.arduino.cc/projecthub/ishaq-yang/auto-ultrasonic-car-a85c6f?ref=tag&amp;ref_id=ultrasonic&amp;offset=1">https://create.arduino.cc/projecthub/ishaq-yang/auto-ultrasonic-car-a85c6f?ref=tag&amp;ref_id=ultrasonic&amp;offset=1</a></p> <p>How To Make a Simple Arduino Alarm System: <a href="http://www.makeuseof.com/tag/how-to-make-a-simple-arduino-alarm-system/">http://www.makeuseof.com/tag/how-to-make-a-simple-arduino-alarm-system/</a></p> <p>Ultrasonic Ranging Using Arduino and Processing (Radar): <a href="https://create.arduino.cc/projecthub/bharathrao64/ultrasonic-ranging-using-arduino-and-processing-radar-4091b4?ref=search&amp;ref_id=radar&amp;offset=3">https://create.arduino.cc/projecthub/bharathrao64/ultrasonic-ranging-using-arduino-and-processing-radar-4091b4?ref=search&amp;ref_id=radar&amp;offset=3</a></p> <p>Ultrasonic Map-maker using an Arduino Yun: <a href="https://create.arduino.cc/projecthub/Satyavrat/ultrasonic-map-maker-using-an-arduino-yun-37c72e?ref=search&amp;ref_id=ultrasonic%20distance&amp;offset=0">https://create.arduino.cc/projecthub/Satyavrat/ultrasonic-map-maker-using-an-arduino-yun-37c72e?ref=search&amp;ref_id=ultrasonic%20distance&amp;offset=0</a></p> <p>Distance Measurement Using HC-SR04: <a href="http://www.instructables.com/id/Arduino-HC-SR04-with-LCD/">http://www.instructables.com/id/Arduino-HC-SR04-with-LCD/</a></p>
<b>Sor-tides</b>	<p>Exemple 1:</p> <p>El temps es de: 691 microsegons La distancia es de: 12 cm El temps es de: 359 microsegons La distancia es de: 6 cm</p> <p>Exemple 2:</p> <p>El temps es de: 712 microsegons La distancia es de: 12 cm El temps es de: 360 microsegons La distancia es de: 6 cm</p> <p>Com podem veure en ambdós casos donen uns resultats molt similars utilitzant en el primer la Llibreria NewPing i el segon sense utilitzar llibreries externes.</p>				
<b>Proje-tes en els que es pot fer servir</b>	<p>Auto Ultrasonic Car: <a href="https://create.arduino.cc/projecthub/ishaq-yang/auto-ultrasonic-car-a85c6f?ref=tag&amp;ref_id=ultrasonic&amp;offset=1">https://create.arduino.cc/projecthub/ishaq-yang/auto-ultrasonic-car-a85c6f?ref=tag&amp;ref_id=ultrasonic&amp;offset=1</a></p> <p>How To Make a Simple Arduino Alarm System: <a href="http://www.makeuseof.com/tag/how-to-make-a-simple-arduino-alarm-system/">http://www.makeuseof.com/tag/how-to-make-a-simple-arduino-alarm-system/</a></p> <p>Ultrasonic Ranging Using Arduino and Processing (Radar): <a href="https://create.arduino.cc/projecthub/bharathrao64/ultrasonic-ranging-using-arduino-and-processing-radar-4091b4?ref=search&amp;ref_id=radar&amp;offset=3">https://create.arduino.cc/projecthub/bharathrao64/ultrasonic-ranging-using-arduino-and-processing-radar-4091b4?ref=search&amp;ref_id=radar&amp;offset=3</a></p> <p>Ultrasonic Map-maker using an Arduino Yun: <a href="https://create.arduino.cc/projecthub/Satyavrat/ultrasonic-map-maker-using-an-arduino-yun-37c72e?ref=search&amp;ref_id=ultrasonic%20distance&amp;offset=0">https://create.arduino.cc/projecthub/Satyavrat/ultrasonic-map-maker-using-an-arduino-yun-37c72e?ref=search&amp;ref_id=ultrasonic%20distance&amp;offset=0</a></p> <p>Distance Measurement Using HC-SR04: <a href="http://www.instructables.com/id/Arduino-HC-SR04-with-LCD/">http://www.instructables.com/id/Arduino-HC-SR04-with-LCD/</a></p>				

Taula 7. Exemple de fitxa